Aus dem Standortlazarett Schwerin i. M.
(Chefarzt Oberstabsarzt Dr. Siemund.)

Wadenbeinbrüche auf dem Boden funktioneller Umbauzonen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich Franz Universität zu Rostock i. M.

vorgelegt von

FRIEDRICH SCHÄFER
aus Berlin-Steglitz

Buchdruckerei Thiele, Gütersloh i. Westf.
1935.

Aus dem Standortlazarett Schwerin i. M.
(Chefarzt Oberstabsarzt Dr. Siemund.)

Wadenbeinbrüche auf dem Boden funktioneller Umbauzonen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich Franz Universität zu Rostock i. M.

vorgelegt von

FRIEDRICH SCHÄFER

aus Berlin-Steglitz

Buchdruckerei Thiele, Gütersloh i. Westf.

Referent: Professor Dr. v. GAZA.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Für den die Truppe betreuenden Heeresarzt, den Truppenarzt, bietet jede Rekrutenperiode Gelegenheit zu einer Fülle von Beobachtungen. Der „alte Mann" verschwindet aus den Krankenrevieren, die nun täglich von einem Dutzend junger Rekruten überlaufen werden. Fast ausnahmslos sind das gesunde, kräftige Männer, die aber mit einem Schlage aus ihrem bürgerlichen Berufsleben herausgerissen worden sind und nun in bisher ungewohnter Weise körperlich beansprucht werden. Selbst vom noch so gut durchtrainierten Sportsmann verlangt dies eine Umstellung, die nur der recht würdigen wird, der sie am eigenen Leibe erfahren hat. Es ist also nicht zu verwundern, daß sich manche Schädigung einstellen kann. Dafür ist ja aber der Soldat wie kaum ein Zivilist unter ständiger ärztlicher Aufsicht und die Regelung des Sanitätsdienstes mit all seinen Einzelheiten wie Gesundheitsbesichtigungen, Belehrung der Ausbildenden und der Rekruten, bringt es mit sich, daß die Schädigungen wohl zu allermeist gleich in ihrem ersten Anfangsstadium entdeckt werden. Der Truppenarzt ist daher wie selten ein Arzt in der Lage, den fließenden Übergang zwischen physiologischer und pathologischer Reaktionsweise auf körperliche Beanspruchung festzustellen. Auf der Grenze zwischen diesen beiden Gebieten dürfte zum Beispiel der sogenannte „Muskelkater" liegen, oder, weiter gefaßt, das Heer der „Exerzierbeschwerden", die vor allem als Fußbeschwerden und Schmerzen in den Unterschenkeln oder Gelenken auftreten. Nur in wenigen Fällen läßt sich ohne weiteres ein objektiver Befund erheben, sodaß eben meist die Verlegenheitsdiagnose „Exerzierbeschwerden" gestellt wird. Und doch erfordert diese Krankheitsgruppe aus zweierlei Gründen besondere Aufmerksamkeit und Vorsicht. Einerseits verlangt der Dienst, den „Weichling" und den „Drückeberger" zu erkennen, andererseits will das ärztliche Gefühl dem Manne Gerechtigkeit widerfahren lassen. Das treibt zu genauerer Sonderung, und dabei gelingt es der feineren Untersuchung in manchen Fällen den körperlichen Hintergrund für die Beschwerden zu finden als Sehnenscheidenentzündung, Fußdeformität, Marschfraktur oder dergleichen. Gerade die Geschichte der Fußgeschwulst, die als Marschfraktur des zweiten oder dritten Mittelfußknochens entlarvt wurde, zeigt, wie lohnend es ist, die Gruppe der Exerzierbeschwerden immer mehr zu durchdringen zu Gunsten objektiv nachweisbarer Krankheitszustände. Die vorliegende Abhandlung will hierzu einen Beitrag liefern.

Während der Rekrutenperioden im Frühjahr und Herbst des Jahres 1934 kamen in den Krankenrevieren des hiesigen Standortes Schwerin i/M. auffällig viele Rekruten zur Krankmeldung, die über Schmerzen in einem oder beiden Unterschenkeln klagten. Die Leute berichteten, seit fünf bis sechs Tagen Schmerzen im Unterschenkel zu haben, durch die sie anfangs beim Dienste wenig behindert worden seien. Nach einem Übungsmarsche, einem Waldlaufe, aber auch ohne besondere Veranlassung, seien die Schmerzen jedoch so stark geworden, daß sie das Revier aufsuchen mußten. Die äußere Betrachtung dort zeigte weder Bluterguß noch sonstige Zeichen einer äußeren Gewalteinwirkung. Stets war zwar ein umschriebener Druckschmerz über dem Wadenbein festzustellen, keine Krepitation, kein Stauchungsschmerz des Beines, wohl aber mehr oder weniger starke Behinderung des Ganges. Um den zunächst unklaren Befund zu deuten, wurden bei dieser Art von Beschwerden systematisch Röntgenaufnahmen vorgenommen. Sie zeigten überraschenderweise in der Mehrzahl der Fälle Frakturen oder Infraktionen des Wadenbeines.

Die Symptomenarmut der in unserem Standort beobachteten Brüche, ihre Entstehung nach oft belanglosem Trauma oder gar als „Spontanfrakturen", waren derart auffällig, daß mir umfangreichere Prüfung des Krankheitsbildes an den Krankenblättern und Röntgenbildern anderer Heereslazarette nötig schien.

Untersucht wurden 117 isolierte Brüche des Wadenbeines, wovon 77 wegen eindeutigen Traumas ausschieden. In den übrigen 40 Fällen ergab die Durchsicht der Krankenblätter das oben geschilderte Krankheitsbild. Genauer kann von den letztgenannten das Folgende berichtet werden:

A. Die Patienten.

1) Konstitution. Die Soldaten wurden durchweg als mittelkräftig und kräftig bezeichnet, in genügendem oder gutem Ernährungs- und Kräftezustande. Besondere Schwächlichkeit wurde also in keinem Falle berichtet.

2) Jahrgang. Die Patienten gehörten ausnahmslos den Jahrgängen 1911 bis 1916 an, 12 allein dem Jahrgange 1913; sie waren 17 bis 22 Jahre alt, darunter 14 im Alter von 19 Jahren.

3) Bürgerlicher Beruf. Die Soldaten kamen aus den verschiedensten bürgerlichen Berufen. Kein Beruf trat überwiegend hervor.

4) Dienstalter. Von den als typisch zu verwertenden 40 Fällen waren 38 Rekruten. Einer diente im 3., ein anderer im 4. Jahr. Von den Rekruten erkrankten 8 im 1., 23 im 2., 7 im 3. Monat ihrer Ausbildung.

5) Standort. Auffällig waren zunächst die zahlreichen Meldungen gewisser Standorte. (Ulm, Frankfurt a. d. Oder, Schwerin i/M.). Der Grund hierfür dürfte nicht in Verschiedenheiten der Ausbildung, auch nicht in landschaftlichen und rassischen Verschiedenheiten zu suchen sein. Vielmehr wohl darin, daß die betreffenden Truppenärzte auf derartige Spontanfrakturen bereits durch die Literatur aufmerksam geworden waren.

6) Truppengattung. Befallen wurden Anghörige aller Waffengattungen: 17 mal Kanoniere; 6 mal Kraftfahrer; 5 mal Infanteristen; 7 mal Funker; 2 mal Fahrer; 2 mal Pioniere; 1 mal Reiter.

B. Verlauf und angegebene Ursache.

1) Verlauf. Die Mehrzahl der Patienten tat mit ihren Beschwerden 5 bis 6 Tage Dienst.

2) Angaben über Ursache. Bei der Frage nach der Ursache wurde Folgendes angegeben: Ein Übungsmarsch 1 mal; längeres Hüpfen in Hockstellung 2 mal; ein Waldlauf 3 mal; dienstlicher Sport, ohne daß ein besonderer Unfall vorgelegen hätte, 3 mal; gewöhnlicher Exerzierdienst ohne besonderen Unfall 7 mal. — 21 mal wurden keinerlei Ursachen angegeben.

C. Befund.

1) Klinischer Befund. Der objektiv-klinische Befund lautete fast ausnahmslos wie folgt: Oberes Drittel der Wade etwas geschwollen, hier deutliche Muskelspannung. Wadenbein an umschriebener Stelle auf der Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel, handbreit unter dem Wadenbeinköpfchen, druckempfindlich, und zwar meist auffallend stark. Kein Krepitations- oder sonstiger Palpationsbefund, kein Stauchungsschmerz. Gang behindert. An einen Bruch wurde vom Truppenarzt meist erst am 5. oder 6. Krankheitstage gedacht, wo eine Prellung oder Muskelzerrung schon hätte abgeheilt sein müssen.

Das linke Wadenbein war	23 mal,
das rechte	13 mal,
beide Wadenbeine waren	4 mal

befallen, und zwar gleichzeitig, nicht nacheinander.

2) Röntgenologischer Befund. Es fand sich:

24 mal ein frakturähnlicher Spalt, und zwar
- 19 mal querverlaufend,
- 5 mal schrägverlaufend.

9 mal eine Infraktion, und zwar
- 8 mal der med. Corticalis,
- 1 mal der lat. Corticalis.

7 mal Callus ohne nachweisbare Fraktur oder Infraktion.
Sitz der Knochenveränderung war:
37 mal das obere Drittel des Wadenbeins,
2 mal das untere,
1 mal die Mitte des Wadenbeines.

Dies der Tatsachenbericht über die aus Heereslazaretten mir bekannt gewordenen 40 Fälle. Die Literaturberichte über ähnliche Fälle seien nur erwähnt, sofern sie Aweichungen von meinen eigenen Beobachtungen bringen.

DÜMS (Lit. 1) berichtet 1896 über ungeklärte Spontanfrakturen des Oberschenkels. Er wirft die Frage auf, ob Marschanstrengung als begünstigendes Moment eine Rolle spielen könnte und verweist hier auf die anhaltenden Erschütterungen des Femurschaftes beim „langsamen Schritt". Im übrigen denkt er sich in der Hauptsache aktiven Muskelzug als Ursache.

Am Wadenbein dürfte HOPFENGÄRTNER (Lit. 5) 1907 als Erster derartige Beobachtungen gemacht haben. Er berichtet sehr anschaulich über eine wahre Epidemie von 21 isolierten Wadenbeinbrüchen bei Rekruten seiner Stuttgarter Garnison. Die Beschwerden werden hier als von einer Fraktur herrührend angesprochen. Das Röntgenbild ließ zwar zunächst im Stich. Nachträgliche Kontrollaufnahmen zeigten jedoch deutliche Calluswucherung. Die Belanglosigkeit der von den Soldaten angegebenen Traumen wie Laufschrift, Stolpern, Kniebeugen, gibt ihm zum Nachdenken Anlaß. Bei der Hälfte der Fälle will er leichte rachitische Veränderungen festgestellt haben. Er beschuldigt im wesentlichen das mangelnde sportliche Training der Leute, sodaß „den Knochen der nötige Halt durch die bei jeder einzelnen Bewegung gerade erforderliche Muskelspannung fehlte". Jedoch erscheint ihm diese Erklärung nicht ganz ausreichend. Er greift später zu folgender Hypothese: „Bei den Fällen hatten sich, wohl unter dem Einfluß der oftmaligen Erschütterung, möglicherweise auch dadurch verursachter molekularer Veränderungen, leichte Knochensprünge gebildet, welche die ersten Schmerzen verursachten, bis ein vielleicht unbedeutender Anlaß, eine leichte Biegung, ein Muskelzug die Infraktion vollends herbeiführte". Wir werden sehen, daß sich eine bessere Formulierung für diese Art von Brüchen kaum finden läßt, und daß zu ihr unsere modernsten Vorstellungen über die Reaktionsweise des Knochens auf mechanische Einflüsse aufs beste stimmen.

In neuerer Zeit hat erst SCHERF (Lit. 14) 1933 wieder auf diese Veränderungen am Wadenbein aufmerksam gemacht. Bei seinen 9 Fällen ist der objektive Befund derselbe wie bei den meinigen. Er sprach nach seiner Ansicht stets für eine Fraktur. Als besonders

häufige Ursache erwähnt er das Hüpfen in der Hockstellung, wie es die Rekruten als Lockerungsübung ausführen müssen. Er bringt die Frage nach den Ursachen einen Schritt vorwärts, indem er das ganze Problem auf die Fragestellung zuspitzt: „Umbauzonen oder Frakturen?", ohne sich für eins von beiden zu entscheiden.

Neue Gedankengänge brachte dann die Arbeit von OSTERLAND 1933 (Lit. 12). Er spricht den Gedanken der Ähnlichkeit dieser Wadenbeinbrüche mit der Marschfraktur der Mittelfußknochen aus. Zur Erklärung geht er auf die neuesten Vorstellungen über die stereochemische Knochenstruktur zurück, wie sie von HENSCHEN 1933 (Lit. 4) zuerst ausgesprochen wurden. Henschens Gedankengänge seien kurz skizziert: Ein besonderes Gebiet der technischen Materialprüfung befaßt sich damit, auf Grund von feinsten Schliffen den Kristallaufbau von Metallen und Mineralien mikroskopisch zu untersuchen. Dabei sieht man eine bestimmte Strukturzeichnung, die für jeden einzelnen Stoff spezifisch ist. Da der Knochen sich zu 60% aus anorganischen Bestandteilen zusammensetzt, kam Henschen auf den Gedanken, dieselben Verhältnisse am Knochen zu untersuchen. Auch hier stellte er einen typischen Kristallaufbau fest. Henschen will beobachtet haben, daß nach mechanischer Beanspruchung sich die Kristalle zu bestimmten „Gleitlinien" ordnen, die sich als mikroskopisch vorgebildete Bruchlinien auffassen lassen. An diese Erfahrungen Henschens knüpft Osterland an und wertet sie für das Zustandekommen von Spontanfrakturen an Mittelfußknochen und Wadenbein aus. Er faßt diese Brüche als echte Brüche auf, da ja nach Henschens Untersuchungen bei ihnen ein mikroskopisch feiner Bruchspalt besteht. Osterland denkt sich diese „Gleitzonen" also als durch einmaliges Trauma entstanden und lehnt die Möglichkeit ab, sie als Zeichen eines durch chronisches Trauma entstandenen Umbaues aufzufassen. In diesem Punkte komme ich, wie ich zeigen werde, zu einem anderen Schlusse.

Wir haben nun die Erklärungsversuche dieser „Spontanfrakturen des Wadenbeins" näher zu beleuchten, und zu ihnen Stellung zu nehmen.

Die in meinen 40 Fällen beobachteten Knochenveränderungen lediglich als direkte Fraktur aufzufassen, was bei den teilweise massiven Röntgenbefunden nahe läge, ist bei kritischer Beurteilung der Verhältnisse nicht möglich. Fast zwei Drittel der Kranken konnte keine besondere Veranlassung angeben. Diese negativen Angaben hinsichtlich eines Traumas, einer etwaigen Dienstbeschädigung, sind umso zuverlässiger, als der Soldat beinahe dazu erzogen ist, eine solche anzugeben. Eine Dienstbeschädigung würde jeder Soldat bereitwilligst angeben, weil sie für ihn als Laien die

nächstliegende Ursache für eine Erkrankung ist. Bei dem restlichen Drittel meiner Kranken lauten die Angaben stets nur „nach" dieser oder jener Betätigung, nie „während". Ein einmaliges starkes Trauma hätte sich unbedingt dem Gedächtnis eingeprägt, weil der Betreffende den Dienst nicht weiter hätte versehen können. Gegen eine einmalige, direkte Gewalteinwirkung sprach auch in allen Fällen das Fehlen eines sichtbaren Hämatoms, einer Hautabschürfung oder dergleichen. Der fast konstante Sitz der „Fraktur" läßt sich wohl schwerlich so erklären, daß ein bestimmtes Trauma „zufällig" in allen Fällen stets an dieser gleichen Stelle einwirkte. Auch dies ist also ein Argument dafür, daß es sich um direkte Brüche nicht handeln kann.

Auch die Frage ist zu prüfen, ob nicht indirekte Brüche vorliegen. Zu dieser Auffassung scheint ESAU (Lit. 2) zu neigen. Meine Untersuchungen führen mich jedoch zu einem anderen Ergebnis. Bekanntlich sind indirekte Brüche des Wadenbeins überaus häufig, zeigen aber völlig andere Verhältnisse. Sie seien schematisch in drei Gruppen geteilt: Am häufigsten stellen sich diese indirekten Brüche als Abriß-, Schräg-, oder Schraubenbrüche dar, als Folge eines meist sehr heftigen Unfalls wie Überdrehen beim Skisturz, Umknicken im Sinne einer Pronation oder Supination. Die Bruchlinie liegt bei dieser typischen Bruchart fast ausnahmslos im unteren Drittel. Unter den von mir untersuchten 117 isolierten Brüchen des Wadenbeins waren 58 als indirekte aufzufassen. Bei 39 Fällen davon zeigte die Bruchlinie typischen Sitz im unteren Drittel. Daß in meiner Statistik relativ viel (17) indirekte Brüche mit atypischer Bruchlinie im oberen Drittel gefunden wurden, ist darauf zurückzuführen, daß bei ihnen ein Unfall, wenn auch oft nur geringer Art, erwähnt ist, und sie deshalb nicht als Spontanfrakturen bezeichnet wurden.

Ein anderer Mechanismus, durch den indirekte Brüche entstehen können, ist nach Esau die Einwirkung plötzlichen Muskelzuges. Dieser muß allerdings sehr heftig sein, sodaß er sich dem Betroffenen meist als einmaliges, heftiges Trauma einprägen wird. Diese Entstehungsursache wird in keinem meiner Krankenblätter angegeben.

Esau beschreibt außerdem einen dritten Typ von indirekter Fraktur des Wadenbeines. Durch Beanspruchung der Knickfestigkeit (Gewaltanwendung in Längsrichtung des Wadenbeines) kann es nämlich zu Doppelbrüchen kommen. Das mittlere Drittel des Wadenbeines springt zur Seite heraus, sodaß tatsächlich außer der unteren auch eine Frakturlinie zwischen oberem und mittlerem Drittel zu finden ist. Derartige Doppelbrüche konnten in keinem Falle von mir festgestellt werden, dürften auch eine völlig andere

Mechanik bedingen. Dazu kommt, daß die Strebefestigkeit der Fibula durch ihre Schienung an die Tibia um das Sechszehnfache wächst (Esau) und so derjenigen der stärksten Knochen des Körpers gleichkommt. Für das Zustandekommen derartiger Doppelbrüche muß also ebenfalls ein recht erhebliches Trauma angenommen werden, das, wie immer wieder betont sei, in unseren Fällen vollkommen fehlt.

Fassen wir zusammen, so fanden wir als für die zu behandelnden Wadenbeinbrüche bei Soldaten charakteristisch bisher: a) Symptomenarmut, b) belangloses Trauma, und c) konstanten Sitz der Bruchstelle zwischen mittlerem und oberem Drittel. Diese drei Momente schließen eine direkte oder indirekte Fraktur durch einmaliges Trauma aus.

Noch eine dritte Frage ist zu klären, bevor wir an den Kern des Problems gehen können. Dadurch, daß gelegentlich das Wort „Spontanfraktur" fiel, könnte der Gedanke auftauchen, die von mir behandelten Wadenbeinbrüche als Spontanfrakturen im bisher üblichen Sinne des Wortes aufzufassen. Solche pflegen bekanntlich aufzutreten bei einem primär krankhaft veränderten Knochen. Meist handelt es sich dabei um Tumoren, Gummen, Recklinghausensche Krankheit, Rachitis, Osteoporose, Osteomalacie, Hungerosteopathie oder dergleichen. In keinem der beobachteten 40 Fälle konnte eine solche primäre Knochenerkrankung im Röntgenbilde festgestellt werden. Gelegentlich doppelseitiger Aufnahmen wurden keinerlei entsprechende Knochenveränderungen gesehen. Auch läßt sich über diese Entstehungsursache sagen, daß der stramme militärische Dienst der Rekrutenzeit reichlich Anlässe bietet, bei denen ein so veränderter Knochen bei der ersten Gelegenheit brechen müßte. Die Knochen der hier untersuchten 40 Soldaten haben jedoch viele derartige Gelegenheiten, wie Sprung vom Hochreck, Sprung von der Eskaladierwand und andere, häufig genug ohne Schaden überstanden und damit die beste „Funktionsprobe" für ihre Gesundheit erbracht. Derartige Kranke würden in den ersten Tagen des Dienstes bereits scheitern. Unsere Patienten aber erkrankten durchschnittlich erst im zweiten Monat ihrer Ausbildung, nachdem das Knochensystem wochenlange Beanspruchung erfahren hatte.

Ein einmaliges Trauma kann also endgültig abgelehnt werden. Vielmehr deutet der ganze Verlauf der Brüche darauf hin, daß eine langdauernde Gewalteinwirkung als Ursache anzunehmen ist. Wie fein der Knochen auf mechanische Beanspruchung reagiert, ist durch überaus zahlreiche Untersuchungen erhärtet und allgemeines Wissensgut geworden. Daß kleinste Kräfte hier erhebliche Wirkungen haben können, sei an einem unscheinbaren Beispiel erläutert. Es ist bekannt, daß der relativ schwache, aber über lange Zeit wirkende

Zug eines Gummifadens genügt, um Kiefer und Zähne erheblich umzuformen. Es wird also zu untersuchen sein, ob dauernde gleichartige Beanspruchung im Sinne eines „chronischen Traumas" als Entstehungsursache für die beschriebenen Wadenbeinbrüche angenommen werden kann.

Welche Reaktionsarten des Knochens auf mechanische Beanspruchung sind bekannt?

An diese Fragestellung knüpfen sich die Namen Roux, Hüter-Volkmann und Wolff. ROUX sprach als erster den Satz von der „funktionellen Gestalt und Struktur der Knochen" aus, womit also die knochenumformende Wirkung mechanischer Einflüsse bejaht war. Die HÜTER-VOLKMANNSCHE Theorie spricht von einer Hemmung des Längenwachstums bei gesteigertem Druck auf den wachsenden Knochen. WOLFF betont, daß an Orten gesteigerten Druckes Knochenabbau entstehe.

Alle genannten Theorien beschäftigen sich jedoch hauptsächlich mit der funktionellen Formveränderung des Knochens. Auch nehmen die Autoren für die beschriebenen Wirkungen mehr oder weniger statische Beanspruchung des Knochens an.

Einen Schritt weiter führen die Experimente von JORRES (Lit. 6), deren Ergebnis ist, daß andauernder Druck das Wachstum des Knochens hemmt und seine Resorption veranlaßt, wechselnder Druck mit Überwiegen der druckfreien Perioden jedoch Knochenwachstum veranlaßt. Diese Theorie denkt bereits dynamischer; sie ließ sich zur Erklärung des Einflusses von Bewegungen, also von wechselndem Druck verwerten, wie sie bei unseren Wadenbeinbrüchen als mögliches Trauma gedacht werden könnten. Jedoch sind bei den Röntgenbildern der beschriebenen Fälle keine grob sichtbaren Formveränderungen des Knochens wahrzunehmen.

Zur Erklärung unserer „Spontanfrakturen" kann uns die Annahme von Formveränderungen wenig dienen, da sie nicht unbedingt zu einem Bruch zu führen brauchen. Wir müssen vielmehr untersuchen, ob sich der Innenaufbau des Knochens unter der Wirkung mechanischer Momente im Sinne einer Resorption, eines Umbaues ändert, dessen letztes Ergebnis dann eine Fraktur sein könnte. Wenn man bereits hier an Veränderungen des Knochens im Sinne eines Umbaues denken will, so müßte sich dieser in der Innenstruktur, vielleicht der Bälkchenzeichnung des Knochens, abspielen. Die Abhängigkeit dieser Bälkchenstruktur von mechanischen Momenten kann als erwiesen gelten. Die meisten Autoren stimmen darin überein, daß die Spongiosastruktur des proximalen Femurschaftes bei Säuglingen erst nach mechanischer Beanspruchung ihre typischen Kraftlinien (Kranzfigur Culmanns) erhält. In unseren Fällen, in denen der Knochen auf wochenlange mechanische Beanspruchung mit einer

Fraktur antwortet, müßte also gezeigt werden, daß unter entsprechenden Umständen ein Knochenbau in negativem Sinne möglich ist, dessen letzte Entwicklungsstufe schließlich eine Kohäsionstrennung ist. Diese Möglichkeit muß auf Grund verschiedener Versuche bejaht werden.

MÜLLERs (Lit. 11) Versuche an Hunden zeigen uns den Prozeß, wie „er sich in einem Knochen abspielt, der plötzlich abnormen, für ihn normalerweise viel zu großen, mechanischen Belastungen mit Irritation ausgesetzt ist". Die Versuchsanordnung war folgende: An der Radiusdiaphyse von Hunden wurde künstlich eine Pseudarthrose gesetzt und dadurch die Ulna plötzlich über die Norm beansprucht. Es ließ sich nun mit absoluter Sicherheit an dem dieser Pseudarthrose gegenüberliegenden Teil der Ulna folgender Befund erheben: Etwa in der sechsten Woche erkennt man eine leichte Verschleierung der Struktur des der Pseudarthrose zugekehrten Teiles. Gleichzeitig setzt an der abgekehrten Seite eine periostale Knochenbildung ein. Die Anlagerung dieser scharf begrenzten periostalen Knochenbildung gibt der Knochenpartie eine spindlige Gestalt. Müller bejaht also hiermit, ohne die feineren Ursachen zu schildern, die Möglichkeit eines Knochenumbaues oder -abbaues durch plötzlich einsetzende ungewohnte Beanspruchung. Sind nicht unsere Fälle von Wadenbeinbrüchen beinahe den gleichen Bedingungen ausgesetzt gewesen durch eine plötzlich einsetzende, normalerweise zu große mechanische Belastung? Hiermit ist das Kernproblem unserer Wadenbeinbrüche angeschnitten. Auf Grund ganz besonderer Beanspruchung sind an diesem Knochen Umbauvorgänge am Werke gewesen, deren Endergebnis schließlich eine Zusammenhangstrennung des Knochens war. Ohne bereits auf die feineren Vorgänge einzugehen, ist somit also die Möglichkeit für das Zustandekommen einer derartigen Belastungsfolge gegeben.

Eine weitere Umbautheorie ist bei dieser Gelegenheit zu erwähnen; es sind dies die Umbauzonen LOOSERs (Lit. 7). Allerdings geht Looser von einem primär durch Rachitis oder Osteoporose veränderten Knochen aus, was, wie schon erwähnt, für unsere Soldaten grundsätzlich abgelehnt werden kann. Das Wesen einer Umbauzone besteht darin, daß durch mechanische Reizung der lamellöse Knochen an besonders belasteten Stellen durch lakunäre Resorption umgebaut wird, und innerhalb des Knochens eine langsam schleichende Callusbildung einsetzt. Die Ähnlichkeit dieses Prozesses mit den Ergebnissen der Müllerschen Versuche ist groß, wenn auch betont werden muß, daß Looser stets einen primär kranken Knochen annimmt und diese Voraussetzung für unsere Fälle nicht erwiesen, ja sogar unwahrscheinlich ist. Die beschriebenen Wadenbeinbrüche lassen sich also schwerlich als Umbauzonen im Sinne Loosers auf-

fassen. Trotzdem kann auf den Begriff des vorbereitenden Umbaues nicht verzichtet werden.

Auch FROMME (Lit. 3) beschreibt einen derartigen Knochenumbau auf Grund mechanischer Beanspruchung. Er schildert 4 Fälle von Jugendlichen, bei denen er entsprechende Veränderungen an der Tibia wahrgenommen hat. Ihre Entstehung denkt er sich etwa so: An Stellen besonderer mechanischer Beanspruchung wird der lamellöse Systemknochen abgebaut. Als Ersatz wirft der Körper die Reserve in die Lücke, die er am schnellstens aufstellen kann, und zwar den sonst nur beim Foetus vorkommenden, kalkarmen Osteoid- oder Geflechtknochen. Dieser callusähnliche Geflechtknochen verursacht auf dem Röntgenbild wegen seiner Kalkarmut einen frakturähnlichen Spalt, obgleich eine wirkliche Zusammenhangstrennung zunächst garnicht besteht. Es sei daran erinnert, daß ja auch die Epiphysenlinien für den Laien wie ein Bruchspalt wirken, während ein solcher gar nicht vorhanden ist, sondern der Knochen hier nur aus einem röntgenologisch sich anders darstellenden Material besteht.

Streng genommen dürfte man in sämtlichen von mir beschriebenen Fällen nicht von einem „Bruch" sprechen. Denn zahlreiche Symptome sprechen dafür, daß eine echte Fraktur nicht vorliegen kann:

a) der stets quere „Frakturspalt".
b) das stete Fehlen der Krepitation und Dislokation.
c) die vorangegangene lange Einwirkung der Gewalt.
d) die nicht plötzlich einsetzenden, sondern sich ganz allmählich steigernden Schmerzen, die erst spät zur Empfindlichkeit einer wahren Fraktur anwuchsen.

Wir können also annehmen, daß es sich bei den beschriebenen Wadenbeinbrüchen um Erkrankungen durch funktionellen Umbau des Knochens handelt. Damit komme ich zu einem anderen Ergebnis als Osterland, der diese Auffassung als Insuffizienzschaden ablehnt. Seine Erklärung durch stereochemische Vorgänge läßt offen, warum die Soldaten erst im zweiten Monat erkrankten und der Bruch auf Grund von „Gleitlinienbildung" der Kristalle nicht früher eintrat. Ebenso läßt seine Auffassung keine Erklärung zu für die Tatsache, daß vorwiegend Rekruten erkrankten.

Es wären nun die oben über die Wadenbeinbrüche gemachten Feststellungen auszuwerten und soweit möglich im Sinne einer funktionellen Umbauzone zu deuten.

A. Die Patienten.

2) Jahrgang. Es war von vornherein auffällig, daß die erkrankten Soldaten ausnahmslos den in den Jahren 1911—16 geborenen

Jahrgängen angehörten. Es sind dies die Jahrgänge, die unter den bedrängten Verhältnissen der Kriegs- und Nachkriegszeit besonders gelitten haben. Da viele Autoren die beschriebenen Umbauzonen mit der Spätrachitis in Zusammenhang bringen, wäre zum mindesten daran zu denken, ob sie nicht auch in unseren Fällen anzuschuldigen sei. Hopfengärtner will bei der Hälfte seiner Fälle rachitische Veränderungen festgestellt haben. Leider konnte ich dieser Frage mangels genügender eigner Untersuchungen nicht nachgehen. Daß diese Jahrgänge in irgendeiner Weise belastet sind, zeigen die in erschreckender Häufigkeit auftretenden Fußdeformitäten und Zahnschäden der ihnen Angehörenden. Es wäre wichtig, die Verhältnisse in den neutralen oder den Ententeländern, die ja in einer weit besseren Ernährungslage waren, mit den unsrigen vergleichen zu können.

4) Dienstalter. Daß bis auf zwei alle Erkrankten Rekruten waren, paßt ebenfalls in das Bild des „Umbaues". Sahen wir doch, daß bei den Versuchen Müllers die plötzliche Umstellung auf eine vorher ungewohnte Anstrengung das Entscheidende bei den Knochenveränderungen war. Trotz systematischer Einleitung und Steigerung der körperlichen Rekrutenerziehung wird eben auch die Umstellung vom Zivilisten zum Soldaten immer recht schroff bleiben. Bei der Annahme echter Frakturen bliebe es unverständlich, warum nicht auch alte Soldaten häufiger erkranken. Sowohl Hopfengärtner wie Scherf betonen, daß ihre Fälle stets Rekruten betroffen hätten.

5) Standort. Sichere Rückschlüsse auf landschaftliche Unterschiede lassen sich aus den anfangs erwähnten Gründen nicht ziehen. Osterland nimmt eine Rassendisposition als sicher an. Aus Japan sind derartige Spontanfrakturen nicht bekannt. Gehäuft erscheinen sie in Dänemark, Schweden, Norwegen und Finnland. Der „langsame Schritt", den manche Autoren anschuldigen, wird in diesen Ländern übrigens nicht geübt.

6) Truppengattung. Das Material läßt keine sichere Beurteilung der Frage zu, welche Waffengattungen besonders betroffen sind. Daß die Kanoniere an erster Stelle stehen, dürfte weniger an der Eigenart ihres Dienstes als an der Tatsache liegen, daß dem Truppenarzt einer Artillerieabteilung dieses Krankheitsbild schon bekannt war. Die Frage scheint auch an Wichtigkeit zu verlieren, wenn man bedenkt, daß bei allen Waffengattungen die ersten Wochen der Rekrutenzeit mit einer überall gleichartigen körperlichen und militärischen Grundausbildung ausgefüllt sind.

B. Verlauf und angegebene Ursache.

1) Verlauf. Daß die befallenen Soldaten zunächst noch ihren Dienst versahen, ist verständlich. Anfangs lag noch gar keine

Fraktur vor, sondern eine Umbauzone, und erst als diese durch ein Gelegenheitstrauma frakturierte, steigerten sich die anfangs geringen „Umbauschmerzen" zu einem echten „Frakturschmerz". Dieser machte dann die Krankmeldung nötig.

C. Befund.

1) Klinischer Befund. Wie schon erwähnt, waren in allen Fällen die Frakturen sehr symptomenarm. Nie ein sichtbares Hämatom, keine Krepitation, keine Dislokation, kein Stauchungsschmerz, oft sogar im Verhältnis zum Röntgenbefund nur geringe functio laesa. Da diese typischen Frakturzeichen fehlten, tauchten Zweifel auf, ob es sich tatsächlich um Frakturen handele.

In meinen Fällen wurde das linke Bein häufiger befallen. Eine besondere Begründung hierfür vermag ich nicht zu geben. Es sei jedoch daran erinnert, daß beim militärischen Gleichschritt der Ton auf dem linken Fuß liegt und dieser dadurch mit einem gewissen Nachdruck aufgesetzt wird. Daß auch beide Wadenbeine gleichzeitig befallen wurden, ist wieder ein Beweis gegen ein einmaliges Trauma und für das Wirken von mechanisch-dynamischen Momenten, die ja stets beide Beine gleichmäßig betreffen müssen.

2) Röntgenologischer Befund. Der in der Mehrzahl der Fälle quere „Bruchspalt" dürfte ein Zeichen dafür sein, daß indirekte mechanische Momente, wie Druck und Biegung nicht das Maßgebende sind. Bei einem indirekten Bruche müßten Schräg- und Spiralbrüche eine viel größere Rolle spielen. Daß allerdings sekundär das Biegungsmoment erscheint, zeigen einige Röntgenbilder. Weites Klaffen des Spaltes an seinem lateralen und hinteren Enden dürfte so aufzufassen sein. Dies entspräche den gewöhnlichen Biegungsbeanspruchungen der Fibula, deren normale Durchbiegung nach hinten-außen in diesen Fällen übertrieben wäre. Im gewöhnlichen Gang und Stand sind diese Verhältnisse gegeben. Verhältnismäßig häufig (5 Fälle) sieht man eine dreieckige Knochenaussprengung an der Hinterfläche der Fibula (nur auf seitlichen Aufnahmen sichtbar). Derartige Knochenaussprengungen werden auf der Konkavseite von Biegungsbrüchen beobachtet (MAGNUS Lit. 8). Es muß also die Fibula durch besonders heftige Gewalteinwirkungen derart überbogen worden sein, daß ihre sonst nach vorn zeigende Konkavität nach hinten zu liegen kam. Ein derartiger Mechanismus ist vielleicht bei dem von Scherf vor allem angeschuldigten Hüpfen in tiefer Hockstellung gegeben, wo das hinter dem proximalen Fibulaende gelegene Körpergewicht dieses nach hinten biegt. In einem Falle wurde die Übung als Ursache im Krankenblatte vermerkt. Eine sekundäre Biegungskomponente ist also deutlich erkennbar.

Der fast konstante Sitz der Spaltbildungen im oberen Drittel machte bereits oben den Gedanken an eine echte Fraktur unwahrscheinlich. Vermutlich ist also das obere Drittel und der Übergang zum mittleren eine besondere Gefahrenzone hinsichtlich mechanischer Beanspruchung. Hier liegt der stärkste Beugungswinkel der Fibula. Wie weit die Muskelansätze und die dadurch entstehende Biegungsbeanspruchung des Wadenbeines mitspielt, steht nicht eindeutig fest. Immerhin setzen am oberen Drittel des Wadenbeines einige starke Muskeln an, die den Unterschenkel nach hinten ziehen können und dadurch bei starker Beanspruchung dessen normale Krümmung steigern (m. soleus, m. peronaeus, m. tibialis post.).

Die Fälle mit deutlicher Calluswucherung ohne Fraktur oder Infraktion sind dadurch zu erklären, daß die Röntgenaufnahmen teilweise erst acht Monate nach der Krankmeldung angefertigt wurden. Zu dieser Zeit war also die Umbauzone oder der Frakturspalt sicher schon abgeheilt. Aufnahmen kurz nach der Krankmeldung fehlen von diesen Fällen oder sind, wo vorhanden, technisch unzureichend. Somit kann ich den Befund Osterlands nicht nachprüfen, der in den Aufnahmen frischer Fälle Callus ohne Fraktur festgestellt hat.

Es möge jetzt die gewonnene Erkenntnis über Umbauzonen zusammengefaßt und ein Erklärungsversuch für das Zustandekommen der von mir beschriebenen Brüche am Wadenbein gegeben werden.

Während der Rekrutenausbildung wird von den jungen Soldaten eine große körperliche Umstellung gefordert, die das gesamte Knochensystem, besonders aber die unteren Extremitäten betrifft. Diese bestehen als ausgesprochen statisch beanspruchtes Organ aus den stärksten Knochen des Körpers. Trotzdem weisen sie zwei Schwachepunkte auf: Fuß und Wadenbein. Hier ist nur auf die Reaktionsweise des Wadenbeines einzugehen. Es ist einer der dünnsten Röhrenknochen des Körpers, der seine schwächste Stelle zwischen mittlerem und oberem Drittel hat, etwa dort, wo die crista anterior ausläuft. Es ist leicht nach hinten konvex gebogen, am stärksten im oberen Drittel. Durch seine Schienung an das Schienbein erfährt es eine beträchtliche Versteifung. Trotzdem zeigt sein Einbau in den Unterschenkel einige gefährliche Besonderheiten. Erstens ist das Wadenbein exzentrisch, und zwar hinten seitlich, in die Unterschenkelsäule eingegliedert, ist also besonders dem Abfangen einer Biegungsbeanspruchung ausgesetzt. Außerdem ist es nicht lotrecht an das Schienbein angepaßt, sondern in einem nach unten zu laufenden spitzen Winkel. Das Wadenbein ist also, cum grano salis zu verstehen, wie ein Bogen federnd gespannt; jede Belastung des Unterschenkels von oben nach unten bedeutet eine Biegungsbeanspruchung des Wadenbeines in dem Sinne, daß seine normale nach hin-

ten zeigende Konvexität überzogen wird. Auf das im Zentrum der Unterschenkelsäule lotrecht eingebaute Schienbein wirkt dagegen eine Belastung von oben nach unten zunächst nur als Druck. Ungewohnte mechanische Beanspruchung wird sich also am Wadenbein als der schwächeren Stelle des Unterschenkels besonders auswirken. Als den am meisten gefährdeten Punkt des Wadenbeines muß man die Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel auffassen. Hier ist der Knochen am dünnsten, der Biegungswinkel bereits in Ruhelage am größten. An diesem mechanisch besonders beanspruchten Punkte bildet sich unter andauernder Gewalteinwirkung ein resorptiver Knochenumbau, wie ja auch die Versuche von Jorres gezeigt haben. Besonders wird das beim „untrainierten" Knochen der Fall sein. Der Körper ersetzt den Knochenschwund dieser „Umbauzonen" durch kalkarmen kallusähnlichen Geflechtknochen, der im Röntgenbilde wie ein Frakturspalt erscheint, ohne daß eine tatsächliche Kontinuitätstrennung besteht. In diesem Stadium werden nur unbestimmte „Umbauschmerzen" gespürt. Es besteht keine ausgesprochene functio laesa. Unter der Einwirkung eines folgenden, sekundären Traumas kann nun ein Bruch der Umbauzone, eine echte Fraktur, entstehen. Dieses Trauma braucht nur geringfügig zu sein, etwa Stolpern, Fehltritt oder dergleichen, denn es trifft ja auf einen schon geschwächten Knochen. Erst jetzt erkennt man an der Knochenveränderung typische Fraktursymptome: Dislokation, functio laesa. Es ist möglich, daß gewisse spätrachitische Veränderungen eine Disposition für das Zustandekommen dieser Umbauzonen geben. Bei älteren Soldaten hat sich das Skelett an die verlangte Beanspruchung angepaßt, so daß aus der ungewohnten eine gewohnte geworden ist.

Eine besondere Prophylaxe scheint mir unnötig. Zahlenmäßig ist das Auftreten dieser Wadenbeinbrüche doch verhältnismäßig selten. Eine noch vorsichtigere Steigerung des Ausbildungsganges der Rekruten scheint daher nicht notwendig. Lediglich wäre übertrieben lange Ausdehnung gleichartiger Bewegungen wie Einzelmarsch, Hüpfen in Hockstellung, zu unterlassen. Das Überwiegen der linksseitigen Fälle rechtfertigt keine Besorgnisse hinsichtlich der ungleichmäßigen Verteilung von Gepäck und Ausrüstung.

Ein kurzes Wort über die Behandlung: Im hiesigen Standortlazarett wurden die röntgenologisch gesicherten Fälle für etwa 14 Tage mit einem Unterschenkelgehgips versehen. Andere Truppenärzte begnügen sich mit einfacher Schienung oder mit einem Elastoplastverbande. Ein Truppenarzt teilte mir mit, daß er ohne besondere Behandlung die Leute lediglich leichteren „Innendienst" tun ließe.

Um nachträgliche größere Verschiebungen zu vermeiden, dürfte es sich jedoch empfehlen, für mindestens 10 Tage einen Gips- oder anderen Stützverband anzulegen. Im Durchschnitt fielen die Erkrankten 32 Tage für den Dienst aus. Übrigens sind Rezidive bisher nicht beobachtet, vielleicht ein Beweis dafür, daß sich die Knochen angepaßt haben.

Röntgenbilder sind zur Ansicht durch den Verfasser erhältlich. Anschrift: F. Schäfer, Ass.-Arzt, z. Zt. Schwerin i/M. Standortlazarett.

Literatur.

1.) DÜMS, Handbuch der Militärkrankheiten. 1896. S. 165.

2.) ESAU, Die indirekten Schaftbrüche an den Extremitäten. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. Bd. 193. 1925. S. 127.

3.) FROMME, Spätrachitis und Osteomalacie. Ergebn. d. Chir. u. Orthop. Bd. 15. 1922. S. 113.

FROMME, Die Bedeutung der Looserschen Umbauzonen für unsere klin. Auffassung. Archiv f. klin. Chir. Bd. 116. 1921. S. 666.

4.) HENSCHEN, Röntgenspektrographische (kristallo-chemische) Untersuchungen am kranken Knochen und Kallus. Archiv f. klin. Chir. Bd. 177. 1933. Kongreßbericht. S. 91.

5.) HOPFENGÄRTNER, Zur Entstehung von Wadenbeinbrüchen. Dtsch. milit.-ärztl. Zeitschr. XXXVI. Jahrg. 1907, S. 100.

6.) JORRES, Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung mechan. Druckes auf den Knochen. Beiträge z. pathol. Anatomie u. allg. Pathologie. Bd. 66. 1920. S. 467.

7.) LOOSER, Über Spätrachitis und Osteomalacie. Dtsch. Zeitschr. f. Chir. Bd. 152. 1920. S. 318—326.

8.) MAGNUS, Frakturen und Luxationen. 1923. S. 2.

9.) MATTI, Knochenbrüche. 1928.

10.) MEYER, Röntgendiagnostik chir. Krankheiten. 1934. S. 259.

11.) MÜLLER, Normale und pathol. Physiologie des Knochens. 1924. S. 26.

12.) OSTERLAND, Spontanfrakturen bei Soldaten nach Reichsheerbeobachtungen. Archiv. f. klin. Chir. Bd. 179. II. 1934. S. 567.

13.) RAUBER-KOPSCH, Lehrbuch und Atlas der Anatomie. 1922.

14.) SCHERF, Frakturen oder Umbauzonen an der Fibula im Anschluß an besondere sportliche Beanspruchung? Zentralblatt f. Chir. 1933, Nr. 47. S. 2739.

Lebenslauf.

Am 3. 3. 1910 bin ich Ulrich, Eduard, FRIEDRICH SCHÄFER als Sohn des Direktors des ägyptischen Museums zu Berlin Prof Dr. Heinrich Schäfer in Berlin-Steglitz geboren. Ich bin evangelischer Konfession und arischer Abstammung, besuchte die Vorschule des humanistischen Gymnasiums zu Berlin-Steglitz und bestand hier am 2. 3. 28 das Abiturientenexamen. Die ersten drei Semester meines Studiums verbrachte ich in Berlin, das 4. und 5. in Königsberg i. Pr. und bestand dort das Physikum. Das 1. klinische Semester studierte ich in Innsbruck, das 2. in Graz, das 3. wieder in Berlin. Das 4. klinische Semester verbrachte ich in Rostock, das 10. und 11. Semester wiederum in Königsberg i. P., wo ich am 28. 1. 34 das medizinische Staatsexamen ablegte. Am 1. April 1933 bin als Fahnenjunker-Sanitätsoffizieranwärter in das Reichsheer eingetreten; während des praktischen Jahres war ich als Unterarzt im Standortlazarett Schwerin i. M. tätig.

An dieser Stelle möchte ich nicht verfehlen, Herrn Prof. Dr. v. GAZA für die gütige Übernahme des Referates und Herrn Privatdozent Dr. GISSEL für manche Anregung und Beratung bei der Anfertigung der Arbeit meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.